

Recibido 31/06/11

Aprobado 18/03/11

EVALUACION DE LA CALIDAD DE BIOGAS Y BIOL A PARTIR DE DOS MEZCLAS DE ESTIERCOL DE VACA EN BIODIGESTORES TUBULARES DE PVC

QUALITY EVALUATION OF BIOGAS AND BIOL FROM TWO MIXTURES OF COWS'S MANURE IN TUBULAR BIO-DIGESTERS OF PVC

Lawrence Quipuzco Ushñahua^{*}, Wilfredo Baldeón Quispe^{*}, Oscar Tang Cruz^{*}

RESUMEN

En este estudio se evaluó la calidad de biogás y biol producido en biodigestores tubulares de PVC con dos diferentes mezclas: uno con una relación estiércol y agua de 1/4 y otro con 1/5. Estos biodigestores fueron instalados con fines de investigación en el Centro Modelo de Tratamiento de Residuos – CEMTRAR de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El monitoreo y análisis del biogás y biol fueron realizados desde noviembre del 2009 hasta abril de 2010. Se alcanzó un promedio de 52% de CH₄ y 37,4% de CO₂ en la mezcla 1/4 y un promedio de 53% de CH₄ y 36,9% de CO₂ en la mezcla 1/5.

El biol obtenido en el estudio tiene una buena cantidad de N-P-K. Las cantidades de Ca, Mg y Na encontradas en los bioles de las mezclas se asemejan a la de los abonos orgánicos, por lo que puede ser usado como fertilizante en cultivos hidropónicos.

El biol alcanzó en coliformes fecales un promedio de 6.08×10^3 NMP/100 ml y 1.27×10^3 NMP/100 ml en las mezclas 1/4 y 1/5 respectivamente, sobrepasando los límites máximos para riego mencionados por la Organización Mundial de la Salud. Con referente a los parásitos: protozoos y helmintos, el valor promedio de las mezclas 1/4 y 1/5 fue de 0 Org/l para ambas mezclas. Los resultados de esta investigación serán de mucha utilidad para la formulación de proyectos de mayor envergadura para el reaprovechamiento de los residuos vacuno proveniente del establo lechero de la UNALM.

Palabras claves: Digestión anaeróbica, biodigestor tubular, biogas, biol.

ABSTRACT

In this study, it was evaluated the quality of biogas and biol which are produced in tubular bio-digesters of PVC with two different mixtures: one with a ratio of 1/4 between manure and water, and other with a ratio of 1/5. These biodigesters were installed for researching in the Model Center of Waste Treatment – CEMTRAR of Universidad Nacional Agraria La Molina. The monitoring and analysis of biogas and biol were conducted from November 2009 to April 2010. It reached an average of 52% of CH₄ and 37.4% of CO₂ in the mixture of 1/4, and an average of 53% of CH₄ and 36.9% of CO₂ in the mixture of 1/5.

The obtained biol in the study has a good amount of N-P-K. The quantities of Ca, Mg and Na found in the mixtures are similar to the organic fertilizers; therefore they can be used as fertilizers in hydroponic crops.

The biol in fecal coliforms reached an average of 6.08×10^3 NMP/100 ml and 1.27×10^3 NMP/100 ml in mixtures of 1/4 and 1/5 respectively, exceeding the maximum limits for the mentioned irrigation by the World Health

^{*} Departamento de Ingeniería Ambiental, Física y Meteorología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
E-mail: lquipuzco@lamolina.edu.pe

Organization. With reference to the parasites: protozoa and helminthes, the average value of the mixtures of 1/4 and 1/5 was of 0 org/l for both mixtures. The results of this investigation will be very useful for the development of larger projects in order to reuse the cow's waste from the dairy farm of the UNALM.

Keywords: Anaerobic digestion, tubular bio-digester, biogas, biol.

I INTRODUCCIÓN

Los productos generados en los biodigestores traen beneficios pues generan energía a través del biogás y también a la vez generan fertilizante llamado biol que se puede aprovechar para los cultivos. Esta tecnología reaprovecha los beneficios del estiércol que por lo general se desecha, además puede brindar una mejora en el bienestar de la población rural ya que no genera contaminación como en el caso de la quema de la leña ni como el uso de fertilizantes químicos.

El biogás está compuesto principalmente por 55 – 70% de metano (CH_4), 30 – 45% de dióxido de carbono (CO_2) y trazas de otros gases (Deublein and Steinhauser, 2011). El biogás puede ser empleado como combustible en: cocinas, calefacción, iluminación, generadores eléctricos, etc. La producción de biogás en un digestor depende de diferentes factores: la temperatura, el tiempo de retención hidráulico, las bacterias, la relación carbono y nitrógeno, el pH, el contenido de sólidos y el contenido de sustancias tóxicas.

El fertilizante, llamado biol, es una fuente de fitorreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en el biodigestor (Medina, 1990). Para evaluar la calidad del biol se deben realizar análisis del pH, sólidos totales y volátiles, nitrógeno orgánico y amoniacal, potasio, calcio, magnesio, manganeso, hierro, zinc y cobre (Palacios, 2005); así como coliformes fecales y parásitos (protozoos y helmintos). El biol favorece al enraizamiento de las plantas (aumenta y fortalece la base radicular), actúa sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas (Gomero, 2005).

Un método sencillo para diseñar un biodigestor familiar de bajo costo es el documento publicado por la GTZ-Energía de Bolivia (Martí, 2008) en donde se presentan los conceptos que se deben considerar en el diseño de un biodigestor tubular teniendo en cuenta los volúmenes para determinar las dimensiones de longitud, diámetro y dimensiones de la fosa donde se albergará el biodigestor. Según Martí (2008) un factor importante para el desempeño de los biodigestores es la mezcla de carga, denominada así a la carga de estiércol mezclada con agua. Se recomienda mezclas de 1:4 para biodigestores tubulares, pero en el caso de estiércol de ganado bovino, una mezcla de 1:3 es suficiente. En biodigestores tipo chino la mezcla se realiza 1:1, pero en biodigestores tubulares conviene diluir mucho más el estiércol de forma que no se formen natas en la superficie. Además, una buena dilución de la mezcla asegura que el biodigestor realmente sea de flujo continuo, evitando que se atasque por exceso de materia sólida en su interior.

En este estudio se evaluó la calidad de biogás y biol de biodigestores tubulares tipo Taiwán de PVC con dos tratamientos: uno con una mezcla de 1/4 y otro con 1/5.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en las instalaciones del Centro Modelo de Tratamiento de Residuos – CEMTRAR. Ver Foto N°1.



Foto N°1. Biodigestores tubulares de PVC instalados en CEMTRAR - UNALM

Materiales

Para la instalación de los 04 biodigestores tubulares se usaron 04 mangas de geomembranas de PVC de 0.5 mm de espesor, con 2.5 m de largo y 1.25 m de ancho, así como tuberías y accesorios de fontanería de PVC. En el Cuadro N°1 se puede observar las características de diseño de los biodigestores tubulares de PVC. El pre-compost y estiércol vacuno para la primera alimentación y la carga semi-continua (interdiario) provino de la planta de compostaje y del establo lechero de la UNALM, respectivamente. En el Cuadro N°2 se puede observar las características de carga en las diferentes mezclas en los biodigestores tubulares.

Cuadro N°1. Características de diseño de los biodigestores tubulares de PVC

CARACTERISTICAS	VALOR
Ancho de rollo (A)	1.25 m
Radio(r)	0.4 m
Diámetro(d)	8.0 m
Sección eficaz(s)	0.5 m ²
Longitud(l)	1.7 m

Volúmen total(VT)	0.85 m ³
Volúmen líquido(VL)	0.638 m ³
Volúmen gaseoso(VG)	0.213 m ³

Cuadro N°2. Características de carga en las diferentes mezclas en los biodigestores tubulares

CARACTERISTICAS	MEZCLA 1/4	MEZCLA 1/5
Tiempo de retención (TR) a 18°C	36 días	36 días
Carga semi-continua	17.71 l/día	17.71 l/día
Estiércol	3.5 kg	3.0 kg
Agua	14.2 litros	14.8 litros

Datos meteorológicos

Los datos promedios de temperatura ambiental de La Molina fueron obtenidos del Observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt.

Equipos

Se uso un equipo de monitoreo de gases GEM 500/ GEM 2000/SEM 500 Landtec.

Análisis

El monitoreo y análisis del biogás y biol fueron realizados desde noviembre del 2009 hasta abril de 2010.

Los análisis de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na), pH y conductividad eléctrica se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la UNALM. Los análisis de parásitos (helminos y protozoos) se realizaron en el Laboratorio de la Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA; y los análisis de coliformes fecales en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabusso" de la UNALM.

Metodología

Se evaluó la calidad de biogás y biol en biodigestores tubulares tipo Taiwán de PVC de 0.5 mm de espesor con dos tratamientos: uno con una relación estiércol y agua de 1/4 y otro con 1/5, con una repetición cada una. La primera carga se realizó con agua, pre-compostaje de estiércol vacuno y maleza e inóculo proveniente de otro biodigestor. La carga semi-continua (interdiario) se realizó a los 40 días después de la primera alimentación.

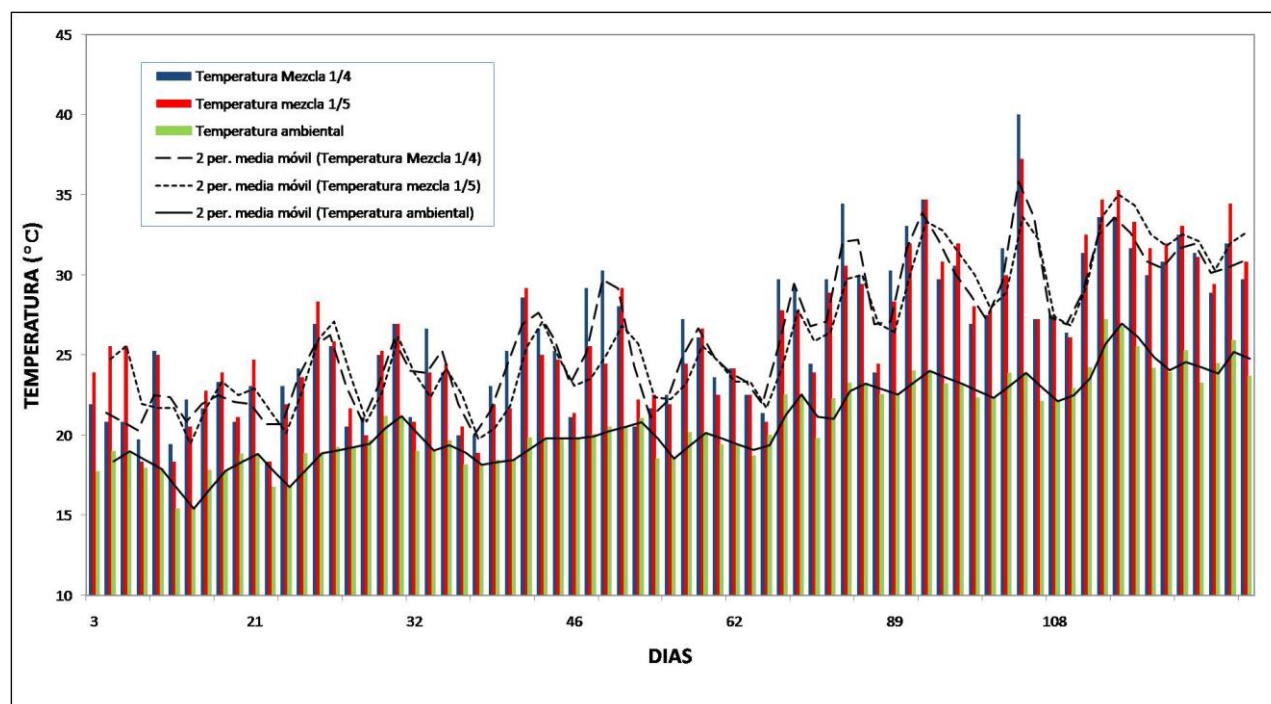
Para evaluar el proceso de degradación anaeróbica se analizó el porcentaje de gas metano y dióxido de carbono en el biogás. Asimismo se evaluó la temperatura del biogás y la relación con la temperatura del ambiente con el tiempo. Esto se realizó de manera interdiaria (mañana y tarde) por 6 meses con el fin de observar la relación con la temperatura ambiental.

Se procedió también a evaluar la calidad del biol a la salida de los biodigestores realizando análisis de parásitos: helmintos y protozoos. Se hizo análisis de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na), pH y conductividad eléctrica; así como análisis de coliformes fecales. Estos análisis se realizaron durante 4 meses, una muestra quincenal en cada biodigestor. Se determinaron las medias, las medianas, las desviaciones estándar y los coeficientes de variabilidad (CV).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura al interior del biodigestor en las mezclas 1/4 y 1/5 fue mayor a la temperatura del ambiente. La temperatura afecta el tiempo de retención para la digestión y degradación del material dentro del biodigestor. La degradación se incrementa en forma geométrica con los aumentos de la temperatura de trabajo. En el Grafico N°1 se observan las variaciones de temperaturas promedio monitoreadas durante el tiempo del estudio. La producción de biogás está directamente relacionada a la temperatura, es decir a mayor temperatura existe una mayor producción de biogás. También en el Grafico N°1 se puede observar un aumento de temperatura a medida que se acerca el verano (Día: 70), esta tendencia favoreció la producción de metano.

Grafico N°1. Variación promedio de la temperatura en los biodigestores vs días



En el Grafico N°2 y N°3 se observan los valores en porcentaje de volumen del metano (CH_4) y del dióxido de carbono (CO_2). El tiempo que se demoró el biodigestor en producir metano después de la carga inicial fue a los tres días, gracias a que se agregó inóculo proveniente de otro biodigestor.

A los 40 días se puede decir que el metano alcanza estabilizarse en las dos mezclas alcanzando a partir de allí un promedio de 52% de CH_4 y 37,4% de CO_2 en la mezcla 1/4 y un promedio de 53% de CH_4 y 36.9% de CO_2 en la mezcla 1/5.

Gráfico N°2. Porcentaje promedio de metano en el biogas vs días

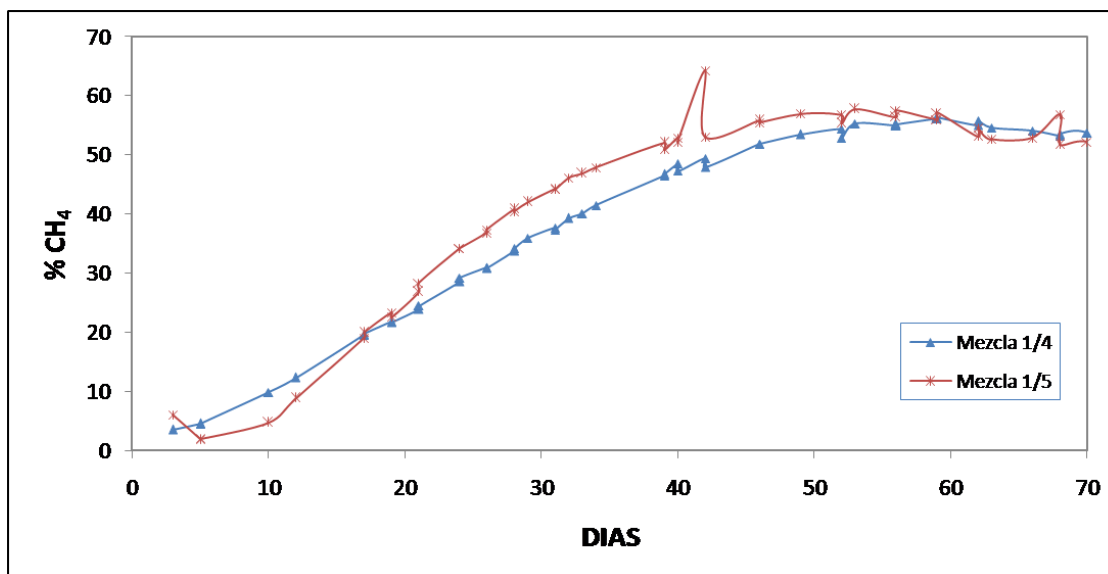
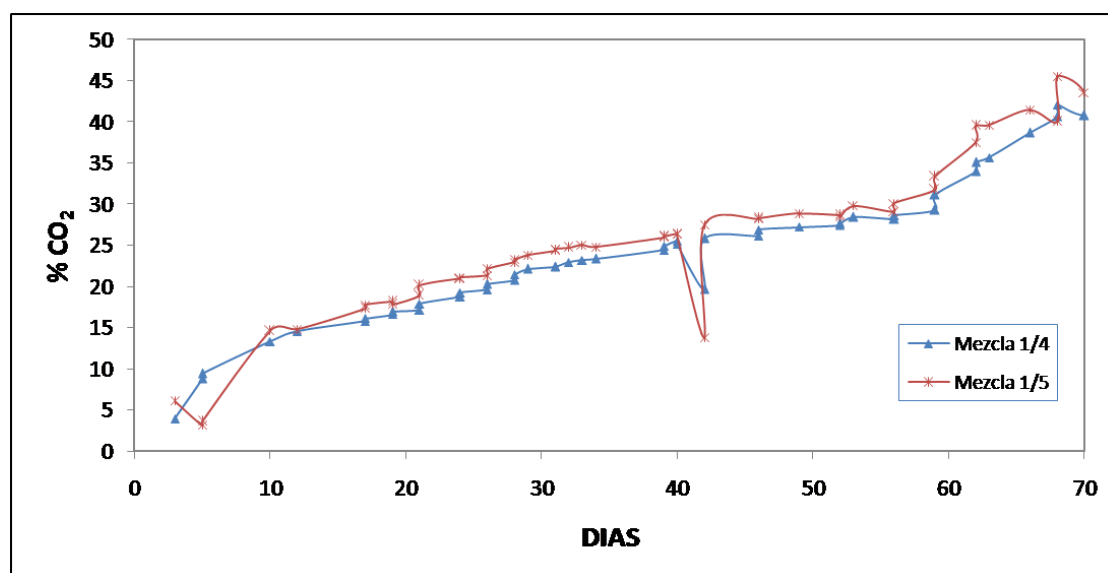


Grafico N°3. Porcentaje promedio de CO_2 en el biogás vs días



En el Cuadro N°3 se observa los valores promedios de los macronutrientes y micronutriente del biol.

El valor promedio del pH del biol en las mezclas 1/4 y 1/5 fue neutro, la conductividad eléctrica del biol en las mezclas 1/4 y 1/5 fue de 15.4 y 14.4 dS/m.

Hay una buena cantidad de nitrógeno total en el biol de 1094.5 mg/l y 996.6 mg/l en las mezclas 1/4 y 1/5 respectivamente. La cantidad de fósforo fue 225.7 mg/l y 224.0 mg/l en las mezclas 1/4 y 1/5 respectivamente. Para el potasio fue 2930.8 mg/l y 2692.4 mg/l en las mezclas 1/4 y 1/5 respectivamente.

Las cantidades encontradas de todos los elementos en el Ca, Mg y Na se asemejan a la de los abonos orgánicos reportados en la literatura.

El valor promedio de coliformes fecales del biol fue de 6.08×10^3 NMP/100 ml y 1.27×10^3 NMP/100 ml en las mezclas 1/4 y 1/5 respectivamente.

El biol o también llamado abono líquido no cumple con los límites máximos mencionados por la Organización Mundial de la Salud, la cual menciona que el líquido utilizado como riego sea menor a 1000 NMP/100 ml.

Con referente a los parásitos protozoos y helmintos, el valor promedio de las mezclas 1/4 y 1/5 fue de 0 Org/L para ambas mezclas. Por lo tanto el biol cumpliría con los límites mencionados por la Organización Mundial de la Salud.

Cuadro N°3. Resultados promedios de los análisis de la calidad del biol

PARAMETRO	MEZCLA 1/4			MEZCLA 1/5		
	Media	σ	CV	Media	σ	CV
pH	7	0.1	1%	7	0.1	1%
CE dS/m	15.4	3.1	20%	14.4	2.8	19%
N Total en solución (mg/L)	1094.5	501.5	46%	996.6	528.9	53%
P Total en solución (mg/L)	225.7	129.0	57%	224.0	189.0	84%
K Total en solución (mg/L)	2930.8	855.4	29%	2692.4	737.1	27%
Ca Total en solución (mg/L)	1132.0	536.4	47%	1172.6	797.9	68%
Mg Total en solución (mg/L)	544.4	168.5	31%	500.0	226.4	45%
Na Total en solución (mg/L)	922.4	140.3	15%	857.6	157.3	18%

Cuadro N°4. Resultados promedios de los análisis microbiológicos del biol

MEZCLAS	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL BIOL		
	Coliformes fecales NMP/100 ml	Protozoos Org/L	Helmintos Org/L
Mezcla 1/4	6.08×10^3	0	0
Mezcla 1/5	1.27×10^3	0	0

IV CONCLUSIONES

La fermentación anaeróbica se dio dentro de los rangos de temperatura psicrófila por debajo de 20°C y el rango de temperatura mesófila entre 20°C y 40°C.

La producción de biogás está directamente relacionada a la temperatura, es decir a mayor temperatura existe una mayor producción de biogás.

A los 40 días se puede decir que el metano alcanza estabilizarse en las dos mezclas alcanzando a partir de allí un promedio de 52% de CH₄ y 37,4% de CO₂ en la mezcla 1/4 y un promedio de 53% de CH₄ y 36,9% de CO₂ en la mezcla 1/5, por lo tanto los porcentajes del CH₄ y del CO₂ se encuentran dentro del rango indicado en la bibliografía.

El biol obtenido en el estudio tiene una buena cantidad de N-P-K que podrían ser aprovechadas como fertilizante líquido.

Las cantidades de Ca, Mg y Na encontradas en los bioles de las mezclas se asemejan a la de los abonos orgánicos, por lo que puede ser usado como fertilizante en cultivos hidropónicos.

El biol alcanzó un promedio de 6.08×10^3 NMP/100 ml y 1.27×10^3 NMP/100 ml en las mezclas 1/4 y 1/5 respectivamente, sobrepasando los límites máximos para riego mencionados por la Organización Mundial de la Salud.

Con referente a los parásitos protozoos y helmintos, el valor promedio de las mezclas 1/4 y 1/5 fue de 0 Org/L para ambas mezclas. Por lo tanto el biol cumpliría con los límites mencionados por la Organización Mundial de la Salud.

Los resultados de esta investigación serán de mucha utilidad para la formulación de proyectos de mayor envergadura para el reaprovechamiento de los residuos vacuno proveniente del establo lechero de la UNALM.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Víctor Meza Contreras, docente de la Facultad de Ciencias de la UNALM por el apoyo brindado al trabajo de investigación en facilitar las instalaciones del CEMTRAR.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Deublein, D and Steinhauser, A. (2011). Biogas from Waste and Renewable Resources. 2nd Ed, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. **Nº de pag.**
2. Medina, V. y Solari, E.G. (1990). El Biol, Fuente de Fitoestimulante en el Desarrollo Agrícola. Programa Especial de Energía UMSS-TZ. Impresiones Poligráficas, Cochabamba, Bolivia. **Nº de pag.**
3. Martí, J. (2008). Biodigestores Familiares: Guía de Diseño y Manual de Instalación. GTZ-Energía de Bolivia. **Nº pag.**
4. Gomero, Luis. (2005). Los Biodigestores Campesinos una Innovación para el Aprovechamiento de los Recursos Orgánicos. LEISA Revista de Agroecología. **Nº pag.**
5. Palacios, O. (2005). Evaluación de un Sistema Discontinuo de Biodigestión Anaerobia para el Tratamiento de Desechos avícolas. Venezuela. ISSN 0798-406. **Nº pag.**